



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Off nl gungsschrift
10 DE 195 23 031 A 1

51 Int. Cl. 6:
H 04 L 25/08
H 04 L 12/24
G 06 F 13/38

21 Aktenzeichen: 195 23 031.0
22 Anmeldetag: 24. 8. 95
43 Offenlegungstag: 12. 12. 98

DE 19523031 A1

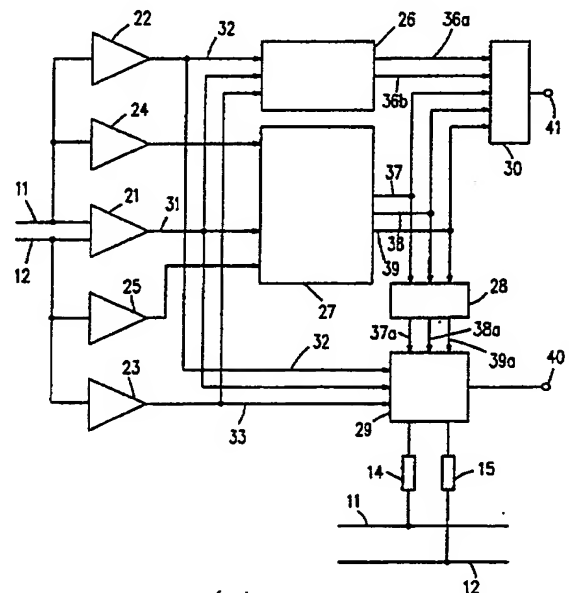
30 Innere Priorität: 32 33 31
08.06.95 DE 195209303

71 Anmelder:
Philips Patentverwaltung GmbH, 22335 Hamburg, DE

72 Erfinder:
Eisele, Harald, 25421 Pinneberg, DE; Mores, Robert,
Dr., 22547 Hamburg, DE

54 System zum Übertragen von Daten über einen differentiellen Bus

57 Die Übertragung von Daten über einen differentiellen Bus mittels Gegentaktsignalen ist nicht nur störicher, sondern hat auch den Vorteil, daß bei verschiedenen einfachen Fehlern, d. h. Fehlern, die nur eine der beiden Leitungen betreffen oder bei denen beide Leitungen des differentiellen Busses Kurzschluß haben, noch eine Datenübertragung möglich ist, wenn auch mit reduzierter Störsicherheit. Zu diesem Zweck führen beide Leitungen auf eine Anzahl Komparatoren mit verschiedenen Schwellwerten, wodurch die Art eines aufgetretenen Fehlers festgestellt und davon abhängig bestimmt werden kann, von welchem Komparatorausgang das zurückgewonnene Datensignal abgeleitet werden muß.



DE 19523031 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 98 602 050/406

17/28

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein System zum Übertragen von binären Daten zwischen einer Anzahl Stationen, die über eine gemeinsame erste und eine gemeinsame zweite Leitung miteinander verbunden sind, wobei beim einen logisch n Wert der binären Daten die erste Leitung einen niedrigen Pegel und die zweite Leitung einen hohen Pegel und beim anderen logischen Wert der binären Daten die erste Leitung einen hohen Pegel und die zweite Leitung einen niedrigen Pegel hat und der logische Wert der binären Daten zum Abgeben an einem Datenausgang von dem Pegel wenigstens einer Leitung abgeleitet ist.

Die in derartigen Systemen verwendeten Leitungen zur Übertragung von Daten werden häufig als differentieller Bus bezeichnet, da der logische Wert der übertragenen binären Daten durch die Differenz zwischen den Pegeln auf den beiden Leitungen unter Berücksichtigung des Vorzeichens der Differenz dargestellt wird. Ein solcher differenzieller Bus hat den Vorteil, daß von außerhalb eingestreute elektromagnetische Störungen die Pegel auf beiden Leitungen im wesentlichen in gleicher Weise beeinflussen, so daß die Differenz der Pegel nahezu unverändert bleibt. Dadurch ergibt sich eine sehr störsichere Datenübertragung. Hinzu kommt, daß sich die von den beiden Leitungen bei Pegelwechseln ausgesandten elektromagnetischen Störungen im wesentlichen kompensieren.

Systeme mit mehreren Stationen, die über einen differentiellen Bus verbunden sind, werden häufig in einer Umgebung verwendet, in der die beiden Leitungen insbesondere auch mechanischen Belastungen ausgesetzt sind, so daß es zu Beschädigungen dieser Leitungen kommen kann. Ein Beispiel hierfür ist der Einsatz eines derartigen Systems in Kraftfahrzeugen. Hinzu kommt, daß die beiden Leitungen auch zumindest teilweise in großer Nähe von metallischen Teilen verlaufen, die geerdet sind.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein System der eingangs genannten Art anzugeben, bei dem auch bei bestimmten Beschädigungen wenigstens eines der beiden Leiter eine Datenübertragung noch weiterhin möglich ist, wenn auch mit verringerter Störsicherheit.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß in jeder Station wenigstens ein erster Komparator vorgesehen ist, der mit beiden Leitungen gekoppelt ist, um den Pegel auf der ersten Leitung vom Pegel auf der zweiten Leitung zu subtrahieren und ein Ausgangssignal mit einem ersten Wert an einem ersten Komparatorausgang abzugeben, wenn die durch die Subtraktion gebildete Differenz einen ersten Schwellenwert übersteigt, wobei dieser erste Schwellenwert so gewählt ist, daß das Ausgangssignal am ersten Komparator auch dann seinen Wert ändert, wenn nur auf einer der beiden Leitungen ein Pegelwechsel auftritt und die andere Leitung einen Pegel entsprechend dem einen logischen Wert der binären Daten hat.

Durch die Verwendung eines Komparators, der nicht nur die Differenz der Pegel auf beiden Leitungen bildet, sondern diese Differenz auch mit einem bestimmten ersten Schwellenwert vergleicht, wird am Ausgang dieses Komparators das übertragene Datensignal auch dann wiedergegeben, wenn eine der beiden Leitungen unterbrochen ist. Da jede Leitung wie bekannt über einen Widerstand derart mit einem niedrigen bzw. hohen Pegel verbunden ist, daß die Pegel auf der Leitung dem einen logischen Wert der binären Daten entsprechen, wenn von keiner Station ein Signal auf die Leitungen eingespeist wird, und diese Widerstände vorzugsweise bei jeder Station angeordnet sind, hat eine unterbrochene Leitung einen weitgehend definierten Pegel, so daß die nicht unterbrochene Leitung weiterhin für die Übertragung von Daten verwendbar ist. Durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen führt also eine Unterbrechung nur einer Leitung noch nicht zu einer Störung der Datenübertragung. Auch eine Verbindung zwischen der ersten Leitung und einem geerdeten Metallteil, d. h. Masseschluß der ersten Leitung, führt nicht zu einer Störung der Datenübertragung.

Die beschriebenen Fehler, insbesondere eine Unterbrechung einer der beiden Leitungen, können als die wahrscheinlichsten Fehler angesehen werden. Es sind jedoch weitere Fehler möglich, insbesondere kann auch die zweite Leitung mit einem geerdeten Metallteil Kontakt bekommen oder beide Leitungen können einen Kurzschluß untereinander haben. Um auch in solch einem Fehlerfalle noch eine Datenübertragung grundsätzlich zu ermöglichen, ist eine Ausgestaltung der Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß ein zweiter Komparator vorgesehen ist, der mit der ersten Leitung gekoppelt ist, um ein Ausgangssignal mit dem ersten Wert an einem zweiten Komparatorausgang zu erzeugen, wenn der Pegel auf der ersten Leitung oberhalb eines zweiten Schwellenwerts liegt, und daß ein erster Speicher vorgesehen ist, der über ein erstes Verzögerungsglied mit einer ersten Verzögerungszeit mit dem ersten Komparatorausgang gekoppelt ist und von dem ein Ausgang mit einem Umschalter gekoppelt ist, um den Datenausgang vom ersten Komparatorausgang auf den zweiten Komparatorausgang zu schalten, wenn während einer Zeitdauer entsprechend der ersten Verzögerungszeit das Ausgangssignal am ersten Komparatorausgang ständig den ersten Wert hat.

Bei diesen Fehlern ist es jedoch nicht möglich, eine Datenübertragung auch im Augenblick des Auftretens des Fehlers ungestört durchzuführen, sondern es ist eine gewisse Zeitspanne notwendig, um die erforderliche Umschaltung durchzuführen. Eine Übertragung von Datensignalen ohne eine gleichzeitige Übertragung eines Taktsignals muß nämlich in der Weise erfolgen, daß das Taktsignal aus dem Datensignal entnommen werden kann oder bei allen Stationen gegeben ist. Hierfür sind eine Anzahl verschiedener Kodierungen bekannt (z. B. NRZ-Modulation), wo der Ausfall eines normalen Datensignals bereits nach wenigen Takten erkannt werden kann. In diesem Falle kann die erste Verzögerungszeit kurz gewählt werden, so daß eine Umschaltung schnell erfolgen kann. Bei anderen Kodierungen wird dagegen der logische Wert der Datensignale durch ein Dauersignal gebildet, so daß aufeinanderfolgende Daten mit gleichem logischen Wert ein konstantes Signal ohne Signalübergänge bilden, während die Signalübergänge nur zum Synchronisieren eines Taktgenerators auf der Empfängerseite verwendet werden. Durch besondere Kodierungsmaßnahmen wird dafür gesorgt, daß die Anzahl aufeinanderfolgender Daten mit gleichem logischen Wert eine maximale Anzahl nicht überschreitet. In diesem Falle muß die erste Verzögerungszeit größer gewählt werden als die Dauer der maximalen Anzahl aufeinanderfolgender gleicher Daten bei niedrigster Übertragungsfrequenz. Wenn einer der letztgenannten

beiden Fehler unmittelbar nach einem Signalübergang bzw. einem Pegelübergang auf den beiden Leitungen erfolgt, sind die danach folgenden übertragenen Daten während der Dauer der ersten Verzögerungszeit praktisch verloren. Dies läßt sich jedoch in den meisten Fällen dadurch ausgleichen, daß ein Datenblock, bei dessen Übertragung die Störung aufgetreten ist, wiederholt übertragen wird, beispielsweise weil der Empfänger den einwandfreien Empfang des Datenblocks nicht bestätigt hat.

Es ist erwünscht, daß die Behebung eines Fehlers während einer Datenübertragung nach Möglichkeit nicht zu einer Störung führt. Ein Verschwinden des Fehlers kann beispielsweise dadurch auftreten, daß eine Verbindung innerhalb einer der Leitungen einen schlechten Kontakt hat oder daß ein Masseschluß bzw. eine Verbindung zwischen beiden Leitungen durch mechanische Erschütterungen wieder verschwindet. Bei den drei erstgenannten Fehlern ist ein Verschwinden des Fehlers ebenso wie dessen Auftreten praktisch ohne Einfluß auf die Datenübertragung selbst, lediglich die Störsicherheit wird nach dem Verschwinden des Fehlers wieder günstiger. Bei den letztgenannten beiden Fehlern führt das Verschwinden des Fehlers dazu, daß der Speicher wieder zurückgeschaltet wird. Um jedoch zu verhindern, daß durch kurze Störsignale auf den Leitungen der Speicher fälschlich zurückschaltet, ist es zweckmäßig, daß der erste Speicher ferner über ein zweites Verzögerungsglied mit einer zweiten Verzögerungszeit mit dem ersten Komparatorausgang derart gekoppelt ist, daß der erste Speicher den Umschalter derart umschaltet, daß der Datenausgang vom zweiten Komparatorausgang auf den ersten Komparatorausgang zurückgeschaltet wird, wenn während einer Zeitdauer entsprechend der zweiten Verzögerungszeit das Ausgangssignal am ersten Komparatorausgang nicht den ersten Wert hat.

Auf diese Weise wird zuverlässig verhindert, daß der erste Speicher fälschlich durch die Störsignale bereits wieder in den Normalzustand zurückgeschaltet wird.

In vielen Fällen sind bei dem eingangs genannten System nicht alle Stationen oder gar keine der Stationen mit einer eigenen Stromversorgung ausgerüstet, sondern es wird parallel zu den beiden Leitungen für die Datenübertragung wenigstens eine weitere Leitung geführt, die eine Versorgungsspannung führt, von der in jeder Station eine niedrigere Betriebsspannung zum Betrieb einer elektrischen Schaltung in der Station zum Ansteuern der ersten und zweiten Leitung abgeleitet ist. In diesem Falle ist es möglich, daß durch einen Fehler die erste oder die zweite Leitung mit der dritten Leitung in Kontakt kommt und der Pegel auf der entsprechenden Leitung gleich der Versorgungsspannung wird. Um auch in solchen Fällen eine Datenübertragung über die noch ungestörte Leitung durchführen zu können, ist eine weitere Ausgestaltung der Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß ein dritter, ein vierter und ein fünfter Komparator vorgesehen sind, von denen der dritte Komparator mit der zweiten Leitung gekoppelt ist, um ein Ausgangssignal mit dem ersten Wert an einem dritten Komparatorausgang zu erzeugen, wenn der Pegel auf der zweiten Leitung oberhalb eines dritten Schwellenwerts liegt, der vierte Komparator mit der ersten Leitung und der fünfte Komparator mit der zweiten Leitung gekoppelt ist und jeder dieser beiden Komparatoren ein Ausgangssignal mit einem ersten Wert an einem vierten bzw. fünften Komparatorausgang erzeugt, wenn der Pegel auf der mit dem betreffenden Komparator gekoppelten Leitung einen vierten Schwellenwert übersteigt, der zwischen der Betriebsspannung und der Versorgungsspannung liegt, daß ein zweiter und ein dritter Speicher vorgesehen sind, von denen jeder einen ersten und einen zweiten Eingang und einen Ausgang aufweist, wobei der erste Eingang des zweiten Speichers mit dem ersten Komparatorausgang, der zweite Eingang des zweiten Speichers mit dem vierten Komparatorausgang, der erste Eingang des dritten Speichers mit dem fünften Komparatorausgang und der zweite Eingang des dritten Speichers über ein drittes Verzögerungsglied mit einer dritten Verzögerungszeit mit dem fünften Komparatorausgang gekoppelt sind und daß der Ausgang des zweiten Speichers mit dem Umschalter gekoppelt ist, um den dritten Komparatorausgang mit dem Datenausgang zu koppeln, und der Ausgang des dritten Speichers mit dem Umschalter gekoppelt ist, um den zweiten Komparatorausgang mit dem Datenausgang zu koppeln.

Durch den vierten bzw. fünften Komparator kann unmittelbar festgestellt werden, wenn eine der beiden Leitungen einen Kurzschluß mit der höheren Betriebsspannung hat. Bei der ersten Leitung wirkt ein solcher Kurzschluß so, als ob diese Leitung ständig mindestens einen Pegel entsprechend dem zweiten logischen Wert eines binären Datensignals hätte, so daß der erste Komparator ständig ein Ausgangssignal mit dem ersten Wert liefert. Deshalb wird der Datenausgang in diesem Falle mit dem dritten Komparatorausgang gekoppelt, der das Signal auf der zweiten Leitung auswertet, die als funktionsfähig angenommen wird. Wenn dagegen die zweite Leitung mit der Versorgungsspannung kurzgeschlossen ist, ist dagegen die Differenz zwischen diesem Pegel und dem Pegel auf der unbeschädigten ersten Leitung derart negativ, daß der Schwellenwert des ersten Komparators niemals überschritten wird und das Signal am ersten Komparatorausgang niemals den ersten Wert annimmt. Daher wird in diesem Falle der Datenausgang mit dem zweiten Komparatorausgang gekoppelt, der den Pegel auf der als nicht beschädigt angenommenen ersten Leitung auswertet. Auch hier ist es zweckmäßig, die Eingänge der Speicher über Verzögerungsglieder mit den entsprechenden Komparatorausgängen zu koppeln, um Fehlerfunktionen durch kurze Störsignale zu verhindern.

Es ist allgemein nicht ausreichend, wenn trotz eines Fehlers auf einer der beiden Leitungen des differentiellen Busses weiterhin eine Datenübertragung möglich ist, sondern ein solcher Fehler sollte auch nach außerhalb über einen Fehleranzeigerausgang gemeldet werden, damit der Fehler behoben werden kann. Außer bei den ersten drei Fehlern werden bei den übrigen Fehlern Speicher ungeschaltet, deren Ausgangssignale für eine Fehleranzeige verwendet werden können. Für die ersten drei Fehler ist jedoch eine zusätzliche Fehlererkennung notwendig. Hierfür ist eine weitere Ausgestaltung der Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß ein erster und ein zweiter Zähler vorgesehen sind, von denen jeder einen Zähleringang, einen Rücksetzeingang und einen Zählerausgang aufweist, wobei der Zähleringang beider Zähler mit dem ersten Komparatorausgang, der Rücksetzeingang des ersten Zählers mit dem zweiten Komparatorausgang, der Rücksetzeingang des zweiten Zählers mit dem dritten Komparatorausgang und der Zählerausgang beider Zähler sowie der Ausgang der Speicherglieder mit dem Fehleranzeigerausgang gekoppelt sind. Die Zähler zählen also jeder eine Anzahl Signalübergänge des ersten Komparatorausgangs, und im fehlerfreien Fall gehört zu jedem solchen Signalübergang auch ein entspre-

chender Signalübergang am zweiten und am dritten Komparatorausgang, so daß die Zähler nicht über ihre Anfangsstellung hinauszählen können. Wenn jedoch eine der beiden Leitungen gestört ist, fehlen am entsprechenden zweiten oder dritten Komparatorausgang die Signalübergänge, und damit kann der betreffende Zähler einen Fehlerstand erreichen, bei dem ein Fehlersignal erzeugt wird.

5 Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch ein System mit mehreren Stationen und deren Leitungsverbindungen,

Fig. 2 ein Blockschaltbild der wichtigsten Teile einer Station,

Fig. 3 ein Blockschaltbild einer der beiden Fehlererkennungsschaltungen,

Fig. 4 ein Blockschaltbild der weiteren Fehlererkennungsschaltung,

10 Fig. 5 die Steuerung des Datenausgangs und der Abschlußwiderstände,

Fig. 6 die Schaltung einer Station für einen Bereitschaftszustand,

Fig. 7 eine weitere Fehlererkennungsschaltung für den Bereitschaftszustand.

In Fig. 1 sind drei Stationen 1, 2 und 3 schematisch dargestellt, die über drei Leitungen 10, 11 und 12 miteinander verbunden sind. Die Leitung 10 ist mit einer höheren Versorgungsspannung verbunden, von denen
15 die einzelnen Stationen die Betriebsspannung für die darin enthaltene elektronische Schaltung ableiten. Die Leitungen 11 und 12 bilden den differentiellen Bus, über den die Daten übertragen werden.

Bei der Station 2 sind weitere Einzelheiten dargestellt, die der Übersichtlichkeit halber bei den Stationen 1 und 3 weggelassen sind. Die Leitung 11 ist über einen Widerstand 14 und über einen Schalter mit Masse verbunden. Entsprechend ist die Leitung 12 über einen Widerstand 15 und einen weiteren Schalter mit der Betriebsspannung
20 Vc verbunden, die in der Station von der Versorgungsspannung auf der Leitung 13 abgeleitet ist. Die Funktion der beiden Schalter wird später erläutert. Ferner ist in der Station 2 eine Steueranordnung 5 vorgesehen, die zwei Schalter 6 und 7 gemeinsam ansteuert, wobei der Schalter 6 die Leitung 11 mit der Betriebsspannung Vc und der Schalter 7 die Leitung 12 mit Masse verbindet. Wenn die Schalter 6 und 7 offen sind, liegt die Leitung 11 über den Widerstand 14 auf einem niedrigen Pegel und die Leitung 12 über den Widerstand 15 auf der
25 Betriebsspannung Vc. Dies entspricht gleichzeitig dem einen logischen Wert der zu übertragenden binären Datensignale. Wenn der andere logische Wert übertragen werden soll, werden von der Steuereinheit 5 beide Schalter 6 und 7 geschlossen, so daß die Leitung 11 nun einen hohen Pegel und die Leitung 12 einen niedrigen Pegel hat. Auf diese Weise können von jeder der Stationen 1 bis 3 Daten über die Leitungen 11 und 12 übertragen werden. Der Zustand bzw. der Pegel auf den Leitungen 11 und 12 bei offenen Schaltern 6 und 7 wird im
30 folgenden daher als rezessiv und der Zustand bei geschlossenen Schaltern 6 und 7 wird als dominant bezeichnet.

Die Schaltung zur Auswertung der über die Leitungen 11 und 12 übertragenen Daten in einer Station ist in Fig. 2 dargestellt. Die beiden Leitungen 11 und 12 führen auf einen ersten Komparator 21, der die Differenz zwischen den Pegeln auf den Leitungen 11 und 12 bildet, genauer gesagt, den Pegel auf der Leitung 12 von der
35 Leitung 11 subtrahiert, und der die vorzeichenrichtige Differenz mit einem ersten Schwellwert vergleicht. Dieser Schwellwert ist derart gewählt, daß nur bei dem rezessiven Zustand beider Leitungen 11 und 12 ein niedriges Ausgangssignal auf der Leitung 31 erzeugt wird. Die Leitung 31 ist mit einem Multiplexer 29 verbunden, der die Leitung 31 im fehlerfreien Fall und bei bestimmten Fehlern zum Datenausgang 40 durchschaltet. Ferner führt die Leitung 31 auf zwei Fehlererkennungsschaltungen 26 und 27, die später erläutert werden.

Die Leitung 11 führt außerdem auf einen Komparator 22, der den Pegel auf dieser Leitung mit einem
40 Schwellenwert vergleicht, der zwischen dem dominanten und dem rezessiven Pegel auf der Leitung 11 unter Berücksichtigung von Toleranzen liegt. Der Komparator 22 erzeugt auf der Leitung 32 ein hohes Signal, wenn der Pegel auf der Leitung 11 über dem Schwellenwert liegt. Diese Leitung 32 führt auf die Fehlererkennungsschaltung 26 sowie auf die Schaltung 29, die diese Leitung bei bestimmten Fehlern mit dem Datenausgang 40 verbindet.

45 Ferner führt die Leitung 11 auf einen weiteren Komparator 24, der den Pegel auf dieser Leitung mit einer Spannung zwischen der Betriebsspannung der Schaltung und der höheren Versorgungsspannung auf der Leitung 13 in Fig. 1 vergleicht und ein Signal auf der Leitung 34 erzeugt wenn der Pegel auf der Leitung 11 höher ist als die Betriebsspannung. Diese Leitung 34 führt auf die untere Fehlererkennungsschaltung 27.

Entsprechend führt die Leitung 12 auch auf einen Komparator 23, der den Pegel auf dieser Leitung mit einem
50 Schwellenwert vergleicht, der ebenfalls zwischen dem dominanten und rezessiven Pegel liegt. Der Komparator 23 erzeugt ein hohes Signal auf der Leitung 33, wenn der Pegel auf der Leitung 12 unter dem Schwellenwert liegt. Die Leitung 33 ist und der oberen Fehlererkennungsschaltung 26 und mit der Schaltung 29 verbunden, die diese Leitung bei einem bestimmten Fehler, wie später erläutert wird, mit dem Datenausgang verbindet.

Ferner führt die Leitung 12 auf einen Komparator 25, der den Pegel auf dieser Leitung mit einem Schwellenwert zwischen der Betriebsspannung und der höheren Versorgungsspannung vergleicht, und zwar in gleicher
55 Weise, wie dies beim Komparator 24 mit dem Pegel auf der Leitung 11 erfolgt. Die Ausgangsleitung des Komparators 25 ist ebenfalls mit der unteren Fehlererkennungsschaltung 27 verbunden.

Die obere Fehlererkennungsschaltung 26 erzeugt ein Fehlersignal auf einer Ausgangsleitung 36a, wenn die
60 Leitung 11 unterbrochen ist oder einen Kurzschluß nach Masse hat. Auf der Leitung 36b wird ein Fehlersignal erzeugt, wenn die Leitung 12 unterbrochen ist.

Die untere Fehlererkennungsschaltung 27 erzeugt auf einer Ausgangsleitung 37 ein Signal, wenn die beiden
65 Leitungen 11 und 12 miteinander Kurzschluß haben oder wenn die Leitung 12 einen Kurzschluß gegen Masse hat. Auf der Leitung 38 wird ein Fehlersignal erzeugt, wenn die Leitung 11 einen Kurzschluß mit der Versorgungsspannung hat, und auf der Leitung 39 wird ein Fehlersignal erzeugt, wenn die Leitung 12 einen Kurzschluß mit der Versorgungsspannung hat.

Alle Fehlersignale auf den Leitungen 36a, 36b und 37 bis 39 werden über ein Verknüpfungsglied 30 zusammengefaßt und an einem Fehleranzeigeausgang 41 ausgegeben.

Die Leitungen 37 bis 39 führen außerdem auf eine Prioritätschaltung 28, da bei bestimmten Fehlern mehr als

eine Leitung ein hohes Signal führt, jedoch eindeutige Ansteuersignale für die Schaltung 29 benötigt werden. Dabei hat die Leitung 38 die höchste Priorität, die Leitung 39 die zweithöchste und die Leitung 37 die niedrigste Priorität. Der Aufbau einer solchen Prioritätsschaltung 28 ist allgemein bekannt. Die Signale auf den Leitungen 37 bis 39 werden entsprechend ihrer Priorität auf den Leitungen 37a bis 39a angegeben.

In der Schaltung 29 sind ferner Schalter vorhanden, wie in Fig. 1 in der Station 2 angedeutet, die den mit der Leitung 11 verbundenen Widerstand 14 mit Masse und den mit der Leitung 12 verbundenen Widerstand 15 mit der Betriebsspannung V_c verbinden.

In Fig. 3 ist der Aufbau der Fehlererkennungsschaltung 26 in Fig. 2 etwas ausführlicher dargestellt. Darin sind zwei Zähler 51 und 54, zwei Differenzierschaltungen 52 und 55 sowie zwei Zähler 53 und 56 vorhanden. Die Zähler 51 und 54 sind gemeinsam mit der Leitung 31 verbunden. Der Eingang des Differenzierers 52 ist mit der Leitung 32 verbunden, und der Differenzierer 52 gibt ein kurzes Ausgangssignal ab, wenn auf der Leitung 32 eine Signalfanke durch den Übergang des Signals auf der Leitung 11 auftritt, und das Signal des Differenzierers 52 setzt den Zähler 51 auf eine Anfangsstellung zurück und setzt außerdem den Zähler 53 in seine Ruhelage. Die Differenzierschaltung 55 empfängt das Signal aus der Leitung 33 und erzeugt ebenfalls aus dem Signalübergang auf der Leitung 33 beim Übergang der Leitung 12 ein kurzes Ausgangssignal, das den Zähler 54 in eine Anfangsstellung und den Zähler 56 in die Ruhelage setzt.

Wenn die Leitung 11 oder 12 unterbrochen ist, treten auf der Leitung 31 noch Signalübergänge auf, die von beiden Zählern 51 und 54 gezählt werden, jedoch abhängig von der unterbrochenen Leitung tritt auf der Leitung 32 oder 33 kein entsprechender Signalübergang auf, so daß der zugehörige Zähler 51 oder 54 nicht zurückgesetzt wird, sondern eine Zählstellung erreicht, bei der der Zähler 53 bzw. 56 gesetzt wird. Damit wird auf der entsprechenden Leitung 36a bzw. 36b ein Fehlersignal erzeugt. Statt der Verwendung der Zähler 53 und 56 kann auch das Weiterzählen der Zähler blockiert werden, wenn sie die entsprechende Zählerstellung erreicht haben. Wenn der Fehler verschwindet oder beseitigt ist, wird automatisch ein gesetzter Zähler 53 bzw. 56 zurückgesetzt, weil dann wieder Signalfanken auf beiden Leitungen 32 und 33 auftreten.

Der Aufbau der Fehlererkennungsschaltung 27 in Fig. 2 ist in Fig. 4 näher dargestellt. Diese enthält drei Speicher 61, 62 und 63, von denen jeder aus zwei gekoppelten NOR-Gattern aufgebaut ist, wobei die weiteren Eingänge der NOR-Gatter die Eingänge des Speichers bilden. Der Übersichtlichkeit ist dieser Aufbau nur bei dem Speicher 61 dargestellt. Es können auch andere sogenannte R-S-Flipflops verwendet werden.

Von dem Speicher 61 ist der obere Eingang über ein erstes Verzögerungsglied 64 und einen Inverter 65 mit der Leitung 31 verbunden. Sobald die Leitung 31 ein hohes Signal während eines durchgehenden Zeitraums führt, der größer ist als die Verzögerungszeit des ersten Verzögerungsgliedes, wird der Ausgang des Verzögerungsgliedes 64 hoch, und auf der Ausgangsleitung 37 wird ein hohes Signal erzeugt. Dieses dauernde hohe Signal auf der Leitung 31 tritt auf, wenn durch einen Fehler eine der beiden Leitungen dauernd einen dominanten Zustand hat. Die Verzögerungszeit des Verzögerungsgliedes 64 muß also größer sein als die Zeitdauer, die eine maximale Anzahl von übertragenen Daten mit gleichem Wert haben kann.

Wenn ein derartiger Fehler behoben ist und das Signal auf der Leitung 31 bei einem rezessiven Zustand auf beiden Leitungen 11 und 12 auftritt, wird über einen Inverter 65 und ein weiteres Verzögerungsglied 66, das mit dem unteren Eingang des Speichers 61 verbunden ist, dieser wieder zurückgesetzt und das Signal auf der Leitung 37 auf einen niedrigen Wert gebracht. Das Verzögerungsglied 66 soll verhindern, daß durch kurzzeitige Störsignale im Fehlerfall der Speicher 61 fälschlich zurückgesetzt wird.

Vom dem Speicher 62 ist der eine Eingang über ein Verzögerungsglied 67 mit der Leitung 34 und der andere Eingang mit dem Verzögerungsglied 66 verbunden. Beide Verzögerungsglieder haben vorzugsweise etwa gleiche Verzögerungszeit. Sobald die Leitung 11 einen Kurzschluß gegen die Versorgungsspannung hat, erscheint auf der Leitung 34 ein hohes Signal, und wenn dieses Signal länger als die Verzögerungszeit des Verzögerungsgliedes 67 ansteht, wird der Speicher 62 gesetzt und ein hohes Signal auf der Leitung 38 erzeugt. Dieser Zustand ist im übrigen der dominante Zustand für die Leitung 11, und während dieser besteht, werden auf der Leitung 31 auch keine Signalübergänge erzeugt, so daß der Speicher 62 gesetzt bleibt. Erst wenn der Fehler behoben ist und wieder Signale auf der Leitung 31 erscheinen, wird der Speicher 62 zurückgesetzt, so daß dann das Signal auf der Leitung 38 wieder niedrig wird. Stattdessen kann das Rücksetzen des Speichers 62 auch über einen nicht dargestellten Inverter von dem Signal auf der Leitung 34 erfolgen.

Der eine Eingang des Speichers 63 ist über ein Verzögerungsglied 68 mit der Leitung 35 verbunden, die ein hohes Signal führt, wenn die Leitung 12 einen Kurzschluß mit der Versorgungsspannung hat. Wenn dieser Kurzschluß länger als die Verzögerungszeit des Verzögerungsgliedes 68 dauert, die im übrigen zweckmäßig etwa gleich der Verzögerungszeit der Verzögerungsglieder 67 und 66 gewählt ist, wird der Speicher 63 gesetzt, und auf der Leitung 39 erscheint ein hohes Signal.

Der andere Eingang des Speichers 63 ist über ein weiteres Verzögerungsglied 69 und einen Inverter 60 mit der Leitung 35 verbunden. Die Verzögerungszeit des Verzögerungsgliedes 69 ist wesentlich größer und hängt von Bedingungen während eines Bereitschaftszustands des gesamten Systems ab, der später erläutert wird. In diesem Bereitschaftszustand tritt im übrigen auch ohne Fehlerfall ein Pegel oberhalb der Betriebsspannung auf der Leitung 12 auf, so daß der Speicher 63 im Bereitschaftszustand stets gesetzt wird. In diesem Zustand findet jedoch keine Datenübertragung statt, und ein Fehlersignal wird auch nicht ausgewertet.

Der Aufbau der Schaltung 29 in Fig. 2 ist in Fig. 5 näher dargestellt. Die Leitung 37a, die ein Signal führt, wenn die Leitung 12 einen Kurzschluß mit Masse oder mit der Leitung 11 hat, wie früher beschrieben wurde, führt auf einen Eingang eines ODER-Gatters 71 und eines ODER-Gatters 72. Das Ausgangssignal des ODER-Gatters 72 auf der Leitung 79 öffnet den Schalter 73 und unterbricht damit die Verbindung von der Leitung 31 zum Datenausgang 40, so daß das Signal am Datenausgang 40 nun nicht mehr von dem Komparator 21 in Fig. 2 abgeleitet wird. Das ODER-Gatter 71 erzeugt auf der Leitung 78 ein Signal, das den Schalter 74 schließt, so daß

nun die Leitung 32 mit dem Datenausgang 40 verbunden ist und das Signal am Datenausgang somit vom Komparator 22 in Fig. 2 abgeleitet wird. Außerdem öffnet das Signal auf der Leitung 78 einen Schalter 77, der die Leitung 12 über den Widerstand 15 mit der Betriebsspannung V_c verbindet. Dadurch wird verhindert, daß, wenn die Leitung 12 einen Kurzschluß gegen Masse aufweist, ständig ein Strom von der Betriebsspannung über den Widerstand 15 abfließt, oder wenn die Leitung 12 Kurzschluß mit der Leitung 11 hat, daß der rezessive Pegel auf beiden Leitungen zu sehr angehoben wird. Es bleibt lediglich eine Verbindung von der Leitung 12 über den Widerstand 15 und einen sehr hochohmigen Widerstand 17 zur Betriebsspannung V_c bestehen, um zu erreichen, daß nach Beendigung des Fehlers die Leitung 12 keinen undefinierten Pegel annimmt.

Die Leitung 38a, die ein Signal führt, wenn die Leitung 11 einen Kurzschluß mit der höheren Versorgungsspannung hat, führt ebenfalls auf einen Eingang des ODER-Gatters 72, so daß auch in diesem Falle die Verbindung zwischen der Leitung 31 und dem Datenausgang 40 unterbrochen wird. Außerdem steuert das Signal auf der Leitung 38a einen Schalter 75 an, der nun die Leitung 33 mit dem Datenausgang 40 verbindet, und ferner wird ein Schalter 76 geöffnet, so daß die Leitung 11 über den Widerstand 14 nicht mehr mit Masse verbunden ist und somit ein unnötiger Strom durch den Widerstand 14 vermieden wird. Die Leitung 11 ist nur noch über die Reihenschaltung des Widerstands 14 und eines sehr hochohmigen Widerstandes 16 mit Masse verbunden, aus den gleichen Gründen, wie für die Leitung 12 und die Reihenschaltung der Widerstände 15 und 17 beschrieben wurde.

Die Leitung 39a, die ein Signal führt, wenn die Leitung 12 einen Kurzschluß mit der höheren Versorgungsspannung hat, ist mit einem Eingang der ODER-Gatter 71 und 72 verbunden, also in gleicher Weise wie die Leitung 37a, d. h. die Schalter 73 und 77 werden geöffnet und der Schalter 74 wird geschlossen und damit die Leitung 32 mit dem Datenausgang 40 verbunden.

Es sei darauf hingewiesen, daß die Zustände auf den Leitungen 11 und 12 nicht nur von den Widerständen 14 und 15 dieser Station, sondern von den entsprechenden Widerständen der anderen Stationen bestimmt werden.

Manchmal wird ein System der beschriebenen Art in einer Umgebung eingesetzt, bei der die Quelle, die die höhere Versorgungsspannung liefert, nur eine begrenzte Energie enthält. Dies ist besonders der Fall, wenn das beschriebene System in einem Kraftfahrzeug eingesetzt wird. Daher wird für ein derartiges System neben dem normalen Übertragungsmodus auch ein Bereitschaftszustand vorgesehen, in dem ein korrekter Empfang von Daten und das Senden von Daten zwar nicht möglich ist, aber die von anderen Stationen übertragenen Daten bei Erfüllung gewisser Kriterien als Anforderung zum Wechsel in den normalen Übertragungsmodus verstanden werden können. Dieser Wechsel wird auch als Wecken bezeichnet. Eine Station kann also, beispielsweise wenn während einer vorgegebenen Zeitspanne keine Daten übertragen worden sind, in einen Betriebszustand mit sehr geringem Stromverbrauch, nämlich den Bereitschaftszustand versetzt werden, jedoch über die Übertragungsleitungen gesteuert jederzeit wieder in den normalen Übertragungszustand zurückversetzt werden. Die Stromaufnahme im Bereitschaftszustand soll möglichst gering sein, da der gesamte Energieverbrauch mit der Anzahl der Stationen in einem System proportional ansteigt.

Der Anforderung nach möglichst geringer Stromaufnahme im Bereitschaftszustand steht allerdings entgegen, daß in jeder Station aus der höheren Versorgungsspannung, im Falle eines Kraftfahrzeugs aus der Batterie, die Betriebsspannung für die elektronische Schaltung abgeleitet wird, denn eine dafür notwendige Spannungsstabilisierungsschaltung benötigt ebenso wie die weitere Schaltung in jeder Station einen Mindeststrom, der größer ist als der gewünschte Strom im Bereitschaftszustand. Daher wird im Bereitschaftszustand die Spannungsstabilisierungsschaltung ganz abgeschaltet, so daß auch keine Betriebsspannung mehr vorhanden ist. Damit wird die Leitung 12 im Bereitschaftszustand nicht mehr über den Widerstand 15 in jeder Station auf den rezessiven hohen Pegel gebracht. Dies würde zwar in den übrigen abgeschalteten Stationen nicht zu Störungen führen, jedoch wäre es dann nicht mehr möglich, daß eine Station, die beispielsweise durch eine lokale Bedingung wie ein Schalter in den normalen Übertragungszustand gebracht worden ist, durch eine Ansteuerung beider Leitungen des Busses alle anderen Stationen weckt. Die Bedingung, daß zum Wecken der anderen Stationen beide Leitungen angesteuert werden müssen, beruht darauf, daß bei einem Fehler in einer Leitung alle anderen Stationen dennoch geweckt werden sollen.

Eine Schaltung, die auch unter diesen Bedingungen eine einwandfreie Funktion ermöglicht, ist in Fig. 6 dargestellt. Diese zeigt eine Station, die über die Leitung 13 eine Versorgungsspannung erhält. In der Station ist eine Steuereinheit 81 vorgesehen, die nicht nur das Senden und das Empfangen von Daten über die Leitungen 11 und 12 durchführt, sondern außerdem auch die Einstellung in den Bereitschaftszustand bzw. den Übertragungszustand. Die Leitung 13 führt auf eine Spannungsregelschaltung 82, die daraus eine stabilisierte Betriebsspannung V_c ableitet, die der Steuereinheit 81 zugeführt wird. Die Spannungsregelschaltung 82 ist außerdem über die Leitung 85 abschaltbar, um die Station in den Bereitschaftszustand zu versetzen, wobei dann die Betriebsspannung V_c praktisch verschwindet. Da im Bereitschaftszustand die Verarbeitung einer Datenübertragung über die Leitungen 11 und 12 wirksam sein muß, wird für diesen Teil der Schaltung, der nur sehr wenig Strom benötigt, die Leitung 13 auch direkt der Steuereinheit 81 zugeführt.

Damit im Bereitschaftszustand aller Stationen der Beginn einer Datenübertragung für eine aufgeweckte Station beginnen kann, muß dafür gesorgt sein, daß auch im Bereitschaftszustand auf der Leitung 12 ein rezessiver hoher Pegel vorhanden ist. Dies ist nicht mehr ohne weiteres über den Widerstand 15 möglich, da im Bereitschaftszustand die Spannung V_c fehlt. Die Leitung 13 mit der höheren Versorgungsspannung wird dafür über einen Widerstand 84 auf einen Schalter 83 geführt, der von der Steuereinheit 81 im Bereitschaftszustand die beiden Widerstände 84 und 15 in Reihe schaltet und damit auf der Leitung 12 einen Pegel mit etwa der Versorgungsspannung auf der Leitung 13 erzeugt. Diese Spannung ist zwar höher als im normalen Übertragungszustand, jedoch ist im Bereitschaftszustand eine Datenübertragung nicht vorgesehen. Der Speicher 3 in Fig. 4 wird im Bereitschaftszustand nicht gesetzt, da die Betriebsspannung fehlt.

Eine Station, die durch eine lokale Bedingung geweckt wird und nun eine Übertragung beginnt, schaltet

zunächst den Schalter 83 wieder um, so daß die Leitung 12 in dieser Station über den Widerstand 15 mit der dann ebenfalls eingeschalteten Betriebsspannung V_c verbunden ist. Da jedoch in den übrigen Stationen die Leitung 12 noch über dem Widerstand 84 mit der höheren Versorgungsspannung verbunden sind, stellt sich auf der Leitung 12 zunächst ein höherer Pegel als in dem normalen Übertragungszustand ein, wodurch in den zunächst aufgeweckten Stationen der Speicher 3 in Fig. 4 gesetzt wird. Sobald jedoch schließlich die Leitung 1 genügend lange auf dem dem normalen Übertragungszustand entsprechenden Pegel liegt, wobei diese Zeit der Verzögerungszeit der Verzögerungsglieder 69 in den einzelnen Stationen entspricht, werden alle Speicher 3 schließlich wieder zurückgeschaltet. Da auch bei gesetztem Speicher 3 eine normale Datenübertragung möglich ist, entstehen dadurch keine Störungen.

Nun können aber auch während des Bereitschaftszustandes aller Stationen Fehler auf den Leitungen 11 und 12 auftreten bzw. vorhanden sein, die jedoch nicht zu einer erhöhten Stromaufnahme führen dürfen. Um dies zu verhindern, wird eine während des Bereitschaftszustandes wirksame Fehlererkennungsschaltung vorgesehen, die in Fig. 7 dargestellt ist. Darin führt die Leitung 11 auf zwei Komparatoren 91 und 92, die den Pegel auf der Leitung 11 mit verschiedenen Schwellenwerten vergleichen. Der Komparator 91 prüft, ob der Pegel auf der Leitung 11 über einen Wert steigt, der etwas unterhalb der Versorgungsspannung auf der Leitung 13 liegt. Dies ist der Fall, wenn die Leitung 11 einen Kurzschluß mit der Versorgungsspannung hat. Das in diesem Falle auf der Leitung 101 erzeugte Signal wird über ein Verzögerungsglied 95 einem Eingang eines UND-Gatters 96 zugeführt. Dessen Ausgang führt auf den Schalter 76 in Fig. 5 und trennt den Widerstand 14 von Masse, so daß in diesem Fehlerfall kein Strom von der Versorgungsspannung über den Widerstand 14 bzw. die Widerstände 14 in allen Stationen fließen kann, da alle Stationen den gleichen Fehler feststellen und den Widerstand 14 von Masse trennen.

Im rezessiven Zustand hat die Leitung 12 hohes Potential, wie vorher beschrieben wurde. Wenn diese Leitung jedoch einen Kurzschluß nach Masse aufweist, würde in jeder Station über den Widerstand 15 ein Strom von der Versorgungsspannung über den Widerstand 15 gegen Masse fließen. Der Komparator 93 vergleicht nun den Pegel auf der Leitung 12 mit einem Schwellenwert zwischen dem dominanten und dem rezessiven Pegel und gibt ein Signal ab, wenn dieser Pegel unterschritten wird. Dieses Signal führt über das ODER-Gatter 97 und ein Verzögerungsglied 98 auf den Schalter 77 in Fig. 5, so daß der Widerstand 15 nicht mehr mit dem Widerstand 84 in Fig. 6 verbunden ist und somit auch kein Strom von der Versorgungsspannung gegen Masse fließen kann.

Wenn die beiden Leitungen 11 und 12 einen Kurzschluß untereinander aufweisen, haben sie einen gemeinsamen Pegel, der insbesondere abhängig davon, wieviele Stationen bereits auf diesen Fehler reagiert haben, zwischen Masse und einer Spannung unterhalb der Versorgungsspannung liegen kann. Um dies festzustellen, ist der Komparator 92 vorgesehen, der den Pegel auf der Leitung 11 mit einem Schwellenwert vergleicht, der ebenfalls zwischen dem dominanten und dem rezessiven Pegel liegt, jedoch kleiner ist als der Schwellenwert des Komparators 93. Dadurch wird erreicht, daß bei einem Kurzschluß zwischen den beiden Leitungen 11 und 12 wenigstens einer der beiden Komparatoren 92 oder 93 ein Signal abgibt. Das Signal des Komparators 92 wird einem UND-Gatter 94 zugeführt, von dem ein Sperreingang mit dem Ausgang des Komparators 91 verbunden ist, da der Komparator 92 auch ein Ausgangssignal liefert, wenn die Leitung 11 einen Kurzschluß mit der Versorgungsspannung hat, wobei dann das Ausgangssignal des Komparators 92 nicht wirksam sein soll. Wenn also lediglich die Leitungen 11 und 12 untereinander Kurzschluß aufweisen, ist das UND-Gatter 94 freigegeben, und die Ausgangssignale beider Komparatoren 92 und 93 werden im ODER-Gatter zusammengefaßt und führen über das Verzögerungsglied 98 zum Schalter 77 in Fig. 5. Außerdem führt das Ausgangssignal des Verzögerungsglieds 98 auch auf einen Sperreingang des UND-Gatters 96, um zu verhindern, daß beide Widerstände 14 und 15 abgeschaltet werden. Dieser Fall kann jedoch lediglich bei einem mehrfachen Fehler auftreten, so daß diese Verbindung zum UND-Gatter 96 und dieses selbst auch weggelassen werden können.

Die Funktion der bisher beschriebenen Schaltungen wird nachfolgend erläutert. Darin bedeuten

CAN-H: Leitung 11
 CAN-L: Leitung 12
 Komparator D: Komparator 21
 Komparator H: Komparator 22
 Komparator L: Komparator 23
 Komparator BH: Komparator 24
 Komparator BL: Komparator 25
 Komparator WS: Komparator 91
 Komparator WH: Komparator 92
 0 Komparator WL: Komparator 93
 Rx D: Datenausgang 40
 Vcc: Geregelte Betriebsspannung V_c
 Vbat; Versorgungsspannung auf der Leitung 13.

Anforderung

In einem CAN Kommunikationssystem mit den differentiellen Übertragungsleitungen CAN_L und CAN_H sollen die Fehlerzustände

- 1 unterbrochene CAN_H Leitung
- 2 unterbrochene CAN_L Leitung
- 3 Kurzschluß CAN_H nach Vbat
- 4 Kurzschluß CAN_L nach Masse

5 Kurzschluß CAN_H nach Masse
 6 Kurzschluß CAN_L nach Vbat und
 7 Kurzschluß CAN_H nach CAN_L

erkannt und toleriert bzw. erkannt und umgangen werden. Fehler 1 und 2 dürfen bei deren Eintreffen oder
 5 Aufhebung zu keinem Fehler im empfangenen Datenstrom führen (Tolerierung). Bei Fehlern 3 bis 7 sind
 Datenfehler während Eintreffen des Leitungsfehlers erlaubt. Erhöhte Ströme und damit verbunden erhöhte
 Temperaturen sollen vermieden werden.

Das System kennt einen Bereitschaftsmodus, in dem die Kommunikation zwar nicht möglich die Stromauf-
 nahmt Übertragungseinheiten aber sehr reduziert ist und die Fehler nicht zu erhöhten Ruhestromen führen
 10 dürfen. In diesem Modus liegt die CAN_L Leitung auf Vbat Potential. Es ergeben sich so unter Umständen
 andere Fehlersituationen. Die Fehler die zu erhöhten Strömen führen können und daher erkannt und umgangen
 werden müssen sind für diesen Modus die Fehler 3, 4, und 7.

Physical Layer

15 Das CAN Physical Layer kennt zwei Zustände:

Rezessiv, keine Treiberstufe ist aktiviert

→ CAN_L Potential = $V_{cc} - \text{Leakage}$ (4,5 ... 5,25 V), im normalen Modus

20 → CAN_L Potential = $V_{bat} - \text{Leakage}$ (6 ... 27 V), im Bereitschaftsmodus

→ CAN_H Potential = $\text{Masse} + \text{Leakage}$ (0 ... 0,25 V)

Dominant, die Treiberstufe mindestens einer Übertragungseinheit im System ist aktiviert

→ CAN_L Potential = $\text{Masse} + \text{Transmitter Drop Spannung}$ (max. 1,4 V; typ. 1 V)

25 → CAN_H Potential = $V_{cc} - \text{Transmitter Drop Spannung}$ (min. 3,35 V; typ. 4 V).

Die Übertragungsrate liegt bei maximal 125 kbit/s (minimale Bitdauer = 8 us). Die Terminierung der Buslei-
 tungen erfolgt verteilt an allen Übertragungseinheiten im System. Der Ersatzwiderstand aller Terminierungen
 ergibt etwa die Leitungsimpedanz. Ein maximaler Masseversatz von 1,5 V soll toleriert werden.

30 Probleme bei der Fehlererkennung

Leitungspegel im Fehlerzustand lassen sich mit Pegeln bei der normalen Kommunikation nicht unterscheiden.
 Z.B. bei Fehler 5 ist CAN_H gleichermaßen auf Masse wie im normalen rezessiven Zustand; bei Fehler 4 ist
 CAN_L gleichermaßen auf Masse gezogen wie im dominanten Zustand. Durch den großen Masseversatz, der zu
 35 tolerieren ist, verschärft sich das Problem der fehlenden Unterscheidungsmöglichkeit. Lediglich Fehler 3 und 6
 führen zu Leitungspegeln, die von denen während der normalen Kommunikation unterscheidbar sind.

Die Fehler führen in der Regel unmittelbar dazu, daß der Datenstrom am Empfänger verfälscht wird. Dies
 beeinflusst auch die sendende Station bei ihrem Übertragungsvorgang und bricht diesen ab. Es stehen für eine
 Analyse der Fehlersituation keine weiteren Pegelwechsel zur Verfügung, erst bei erneutem Senden einer Station
 40 ergeben sich wiederum Pegelwechsel, die einer Analyse dienen können. Jeder erneute, mißlungene Sendever-
 such führt bei den sendenden Übertragungseinheiten protokollbedingt zu "Strafpunkten", die früher oder später
 zu passivem Verhalten der Station führt. Manche Fehler führen bereits ohne weitere Sendeversuche zu einem
 Sammeln von Strafpunkten. Der statische Fehler der Busleitung muß also möglichst schnell umgangen werden.

Manche Fehler können nicht voneinander unterschieden werden, erfordern aber unterschiedliche Aktionen
 bezüglich ihrer Tolerierung. Z.B. wird der Anfang eines Frames bei bestehendem Fehler 1 übertragen, sind beide
 45 Leitungen zunächst rezessiv und die CAN_L Leitung dann dominant, es kann dann nur auf der intakten CAN_L
 Leitung übertragen werden. Tritt andererseits Fehler 4 ein während beide Leitungen rezessiv sind, geht auch
 hier die CAN_L Leitung in den dominanten Zustand über, allerdings muß die weitere Kommunikation auf
 CAN_H erfolgen. Die beiden Fehler müssen also unterscheidbar sein, sind aber ohne weiteres nicht unterscheid-
 50 bar.

Die Fehleranalyse soll auf dem Transceiverchip implementiert werden. Es liegen keine Information über die
 Dauer eines Bit vor.

Beschreibung der Fehleranalyse

55 Zum Empfang werden drei Komparatoren verwendet. Die differentielle Schwellspannung des Komparators D
 ist so gelegt (rezessiv < -2,8 V (dominant), daß sowohl der dominante Zustand einer der beiden Leitungen
 allein als auch beider Leitungen zusammen zu einem dominanten Pegel am Ausgang führt. Komparator H
 wertet den Zustand der CAN_H Leitung aus (absolute Schwellspannung, rezessiv < 1,8 V < dominant),
 60 Komparator L den Zustand der CAN_L Leitung (rezessiv > 3,0 V > dominant).

Im fehlerfreien Zustand wird per Komparator D empfangen. Der differentielle Empfang begünstigt die
 Bedingungen bei Masseversatz und EMV-Störungen (im Design ist ein großer Gleichtaktbereich berücksichtigt).

Erkennung Fehler 1, 2 und 5

65 Fehler 1, 2, und 5 werden durch die geeignete Wahl der Schwellspannung an Komparator D ohne weitere
 Maßnahme toleriert. Dies ist wichtig, da selbst bei statischem Fehlervorkommen der Fehler gegebenenfalls als
 repetierender Fehler in Erscheinung tritt. Dies ergibt sich durch die unterschiedlichen Position eines Senders im

Vergleich zur Fehlerstelle.

Um den Fehler per Statusflag melden zu können, muß er allerdings trotzdem erkannt werden. Dies geschieht durch einen Vergleich der von Komparatoren H und L empfangenen Signale zu den differentiell empfangenen. Hierzu werden Flanken an Komparatoren H und L gezählt, eine Flanke an Komparator D setzt die Zähler immer sofort zurück. Treffen also an H oder L sieben Flanken in Folge und an D in derselben Zeit keine Flanke ein, wird ein Fehler festgestellt. Der Fehler gilt erst als aufgehoben, wenn wieder eine Flanke an D eintrifft.

Erkennung Fehler 3

Bei Fehler 3 hat die CAN_H Leitung das Potential der Batteriespannung (min. 8 V; typ. 12 ... 14 V). Dieser Pegel läßt sich von Pegeln bei der normalen Kommunikation eindeutig mittels eines Komparators BH unterscheiden (7,3 V gegen Masse). Der Fehlerzustand wird in einem Speicherglied gehalten. Da die Schwellspannung unter Umständen auch durch die prinzipiell tolerierten EMV-Störungen erreicht werden können, wird eine fälschliche Diagnose auf Fehler durch einen zusätzlichen Filter ($T_2 = 10 \dots 60 \text{ us}$) vor dem Speicherglied ausgeschlossen.

Die Aufhebung des Fehlers wird durch Erreichen des rezessiven Pegels an Komparator D festgestellt. Auch dieses Ereignis muß für ein Rücksetzen des Speichers mindestens T_2 andauern. Alternativ kann auch durch Unterschreiten der Schwellspannung an BH die Aufhebung des Fehlers erkannt werden. Allerdings ergibt die implementierte Lösung ein besseres Systemverhalten bei Fehlern, die zu Spannungen zwischen Vcc und der Schwellspannung führen.

Erkennung Fehler 6

Bei Fehler 6 hat die CAN_L Leitung das Potential der Batteriespannung. Dies wird durch Komparator BL (7,3 V gegen Masse) erkannt. Bei Überschreiten der Schwelle für mindestens T_2 wird ein weiteres Speicherglied gesetzt, bei Unterschreiten der Schwelle für mindestens $T_3 = 150 \dots 1000 \text{ us}$ wieder zurückgesetzt (T_3 ist deswegen größer als T_2 gewählt, um häufiges Umschalten des Speichergliedes durch Übertragung während einer Umschaltung der CAN_L Leitung von Standby auf normalen Betrieb zu vermeiden).

Erkennung Fehler 4 und 7

Fehler 4 und 7 führen zu einem permanentem dominantem Zustand an D. Dieser wird durch die Zeitbedingung T_1 von dominanten Zuständen während einer normalen Übertragung abgegrenzt und in einem weitem Speicherglied gespeichert. T_1 definiert sich aus der Anzahl von dominanten Bits, die in Folge gesendet beim CAN Protokoll möglich sind und aus den zu erwarteten Bitraten (725 ... 4000 us).

Die Aufhebung wird durch einen mindestens T_2 langen rezessiven Pegel an D erkannt und das Speicherglied zurückgesetzt.

Beschreibung der Fehlerumgehung

Im Fehlerfall wird die verbleibende intakte Leitung zur weiteren Kommunikation verwendet, soweit möglich. Dazu werden die Signale D, H und L in entsprechender Weise auf den RxD Ausgang der Schaltung geschaltet. Außerdem sollen zur Vermeidung einer erhöhten Stromaufnahme die entsprechenden Bias-Widerstände abgeschaltet werden, solange ein Fehler bestehen bleibt.

Die Fehler werden durch die beschriebene Schaltung unabhängig voneinander erkannt. Allerdings führen manche Fehler dazu, daß während Eintreffen des Fehlers oder nach Ablauf aller Zeitbedingungen im eingeschwungenen Zustand mehrere Fehler gleichzeitig diagnostiziert werden. Durch eine Prioritätsschaltung werden die entsprechenden richtigen Aktionen sondiert. Die Prioritätsfolge ist: $P_3 > P_6 > P_{47}$. Durch die Prioritätsschaltung wird genau einer der möglichen Fehler oder kein Fehler diagnostiziert.

Umgehung des Fehlers 3

Wird Fehler 3 erkannt, wird der Empfangskanal RxD auf Komparator L geschaltet und der Bias Vorwiderstand von CAN_H nach Masse abgeschaltet. Allerdings bleibt ein hochohmiger Widerstand nach Masse geschaltet. Bei Aufhebung des Fehlers nimmt die Leitung wieder etwa Massepotential an. Komparatorausgang D fällt rezessiv aus und die Aufhebung des Fehlers wird erkannt und der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt.

Umgehung des Fehlers 6

Wird Fehler 6 erkannt, wird RxD auf Komparator H geschaltet und der Bias Vorwiderstand von CAN_L nach Vcc abgeschaltet. Bei Aufhebung des Fehlers floatet die Leitung wird aber durch die Eingangsnetzwerke wieder auf ein Potential unter Vcc gebracht. Die Aufhebung des Fehlers wird erkannt und der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt.

Umgehung des Fehlers 7

Bei Fehler 7 sind die Übertragungsleitungen kurzgeschlossen. Die weitere Kommunikation wird auf CAN_H fortgesetzt. Hierzu wird RxD auf Komparator H geschaltet, der Bias Vorwiderstand von CAN_L nach Vcc

abgeschaltet und die Sendestufe für die CAN_L Leitung deaktiviert. Die CAN_L Leitung bleibt über einen hochohmigen Widerstand nach Vcc verbunden, ist aber über den Kurzschluß mit der CAN_H Leitung auf deren Potential gezwungen. Bei Aufhebung des Fehlers nimmt die CAN_L Leitung Vcc Potential an, der rezessive Zustand an Komparator D wird wieder erreicht und die Aufhebung des Fehlers erkannt. Der ursprüngliche Zustand wird wiederhergestellt.

Umgehung des Fehlers 4

Fehler 4 wird gleich behandelt wie Fehler 7. Eine Unterscheidung würde weitere Analysemittel voraussetzen. Bei Eintreten von Fehler 4 wird Rx_D auf H geschaltet, der Bias Vorwiderstand von CAN_L nach Vcc abgeschaltet und die Sendestufe für die CAN_L Leitung deaktiviert. Die CAN_L Leitung bleibt über einen hochohmigen Widerstand nach Vcc verbunden. Bei Aufhebung des Fehlers nimmt die CAN_L Leitung wieder den rezessiven Pegel ein über den hochohmigen Widerstand. Die Aufhebung wird durch den rezessiven Pegel an D erkannt und der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt.

Beschreibung der Fehleranalyse im Bereitschaftszustand

Im Bereitschaftszustand ist keine Kommunikation möglich. Das System befindet sich in einem Zustand geringer Stromaufnahme, in dem allerdings die von anderen Übertragungseinheiten im normalen Modus gesendeten Daten als eine Aufforderung zum Wechsel in den normalen Kommunikationsmodus verstanden werden können.

Fehler 1, 2, 5 und 6 führen in diesem Modus zu keiner erhöhten Stromaufnahme. Fehler 3, 4 und 7 müssen erkannt und eine erhöhte Stromaufnahme vermieden werden.

Bei der Erkennung des Fehlers 7 muß berücksichtigt werden, daß der Bereich der Vbat Spannung 8...27 V betragen kann. Der Bereich des Ersatzwiderstandes aller im System verteilten Abschlußwiderstände reicht je nach Anzahl der Übertragungseinheiten im System von ca. 100...200 Ohm für CAN_H nach Masse und von 150...5000 Ohm für CAN_L nach Vbat. Dadurch werden bei Kurzschluß zwischen den Übertragungsleitungen Spannungen von ca. 0,3...8 V erreicht werden.

Beschreibung der Analyse

Zur Analyse werden drei weitere Komparatoren verwendet. Komparator WS ist an CAN_H angeschlossen und hat einen Schwellwert von ca. Vbat - 2 V. Komparator WH stellt mit einem Schwellwert von ca. 2 V den dominanten Zustand an CAN_H fest; Komparator WL mit einem Schwellwert von ca. 3 V den dominanten Zustand an CAN_L.

Fehler 3 wird direkt durch Überschreiten der Schwelle an WS erkannt. Dieser Sachverhalt wird zusätzlich durch ein Zeitglied qualifiziert. Der Widerstand von CAN_H nach Masse wird abgeschaltet.

Fehler 4 führt zum Unterschreiten der Schwelle an WL. Auch dieser Sachverhalt wird durch ein Zeitglied qualifiziert und führt zum Abschalten des Widerstandes von CAN_L nach Vbat.

Fehler 7 führt auf beiden Leitungen CAN_H und CAN_L zu Spannungen zwischen 0,3 V und 8 V. In jedem Fall wird mindestens einer der Komparatoren WH und WL dominant. Die beiden Komparatorausgänge werden logisch verodert und im Fall eines dominanten Zustandes der Fehler 7 angenommen. Dieser Sachverhalt wird durch ein Zeitglied qualifiziert und der Widerstand von CAN_L nach Vbat abgeschaltet. Durch das im System verteilte Abschalten aller Widerstände von CAN_L nach Vbat nehmen die durch Fehler 7 kurzgeschlossenen Leitungen CAN_H und CAN_L zunehmend Massepotential an. Durch die "überlappenden" Schwellspannungen an WL und WH ist gewährleistet, daß beim Durchlaufen des Spannungsbereiches mindestens einer der Komparatoren dominant bleibt. Bei statischem Fehler 7 bleibt Komparator WL dominant.

Bei Aufhebung des Fehlers 7 bleibt die CAN_H Leitung auf Masse, die CAN_L Leitung floatet und wird gegebenenfalls ein Potential über der Schwellspannung an WL erreichen, wodurch der Widerstand nach Vbat wieder zugeschaltet wird. Dadurch liegt CAN_L wieder auf Vbat und die Aufhebung des Fehlers wird auch bei anderen Übertragungseinheiten sicher erkannt.

Zwei zusätzliche Verriegelungen

Durch Fehler 7 wird gegebenenfalls nur Komparator WH nicht aber WL dominant. Die gleiche Situation trifft auch für Fehler 3 zu. Um Fehler 3 und 7 voneinander abzugrenzen — sie erfordern ja unterschiedliche Fehlerbehandlungen — wird eine Erkennung des Fehlers 7 anhand Komparator WH mit dem Signal von Komparator WS verriegelt. Es kann optional auch das qualifizierte Signal von Komparator WS verwendet werden.

Um auszuschließen, daß beide Terminierungen gleichzeitig abgeschaltet werden, kann eine Verriegelung des Abschaltsignals für den Widerstand CAN_H nach Masse durch das Abschaltsignal für den Widerstand CAN_L nach Vbat vorgenommen werden (optional).

Hinweis

Die Komparatoren WH und WL werden für den Datenempfang im Bereitschaftsmodus (Anforderung zum Übergang in den normalen Kommunikationsmodus) ohnehin benötigt, sie erkennen den dominanten Zustand gesondert auf den beiden Übertragungsleitungen. Für die Fehlerbehandlung im Bereitschaftsmodus ist nur ein

weiterer Komparator nötig.

Patentansprüche

1. System zum Übertragen von binären Daten zwischen einer Anzahl Stationen, die über eine gemeinsame erste und eine gemeinsame zweite Leitung miteinander verbunden sind, wobei beim einen logischen Wert der binären Daten die erste Leitung einen niedrigen Pegel und die zweite Leitung einen hohen Pegel und beim anderen logischen Wert der binären Daten die erste Leitung einen hohen Pegel und die zweite Leitung einen niedrigen Pegel hat und der logische Wert der binären Daten zum Abgeben an einem Datenausgang von dem Pegel wenigstens einer Leitung abgeleitet ist, dadurch gekennzeichnet, daß in jeder Station wenigstens ein erster Komparator vorgesehen ist, der mit beiden Leitungen gekoppelt ist, um den Pegel auf der ersten Leitung vom Pegel auf der zweiten Leitung zu subtrahieren und ein Ausgangssignal mit einem ersten Wert an einem ersten Komparatorausgang abzugeben, wenn die durch die Subtraktion gebildete Differenz einen ersten Schwellenwert übersteigt, wobei dieser erste Schwellenwert so gewählt ist, daß das Ausgangssignal am ersten Komparator auch dann seinen Wert ändert, wenn nur auf einer der beiden Leitungen ein Pegelwechsel auftritt und die andere Leitung einen Pegel entsprechend dem einen logischen Wert der binären Daten hat. 5
2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweiter Komparator vorgesehen ist, der mit der ersten Leitung gekoppelt ist, um ein Ausgangssignal mit dem ersten Wert an einem Komparatorausgang zu erzeugen, wenn der Pegel auf der ersten Leitung unterhalb eines zweiten Schwellenwerts liegt und daß ein erster Speicher vorgesehen ist, der über ein erstes Verzögerungsglied mit einer ersten Verzögerungszeit mit dem Komparatorausgang gekoppelt ist und von dem ein Ausgang mit einem Umschalter gekoppelt ist, um den Datenausgang vom ersten Komparatorausgang auf den zweiten Komparatorausgang zu schalten, wenn während einer Zeitdauer entsprechend der ersten Verzögerungszeit das Ausgangssignal am ersten Komparatorausgang ständig den ersten Wert hat. 10
3. System nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Speicher ferner über ein zweites Verzögerungsglied mit einer zweiten Verzögerungszeit mit dem ersten Komparatorausgang derart gekoppelt ist, daß der erste Speicher den Umschalter derart umschaltet, daß der Datenausgang vom zweiten Komparatorausgang auf den ersten Komparatorausgang zurückgeschaltet wird, wenn während einer Zeitdauer entsprechend der zweiten Verzögerungszeit das Ausgangssignal am ersten Komparatorausgang nicht den ersten Wert hat. 15
4. System nach Anspruch 1, 2 oder 3, mit einer Versorgungsspannung, von der in jeder Station eine niedrigere Betriebsspannung zum Betrieb einer elektrischen Schaltung in der Station zum Ansteuern der ersten und der zweiten Leitung abgeleitet ist, wobei wenigstens ein Teil der Stationen über eine die Versorgungsspannung führende dritte Leitung verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, daß ein dritter, ein vierter und ein fünfter Komparator vorgesehen sind, von denen der dritte Komparator mit der zweiten Leitung gekoppelt ist, um ein Ausgangssignal mit dem ersten Wert an einen dritten Komparatorausgang zu erzeugen, wenn der Pegel auf der zweiten Leitung oberhalb eines dritten Schwellenwerts liegt, von denen der vierte Komparator mit der ersten Leitung und der fünfte Komparator mit der zweiten Leitung gekoppelt ist und jeder dieser beiden Komparatoren ein Ausgangssignal mit einem ersten Wert an einem vierten bzw. fünften Komparatorausgang erzeugt, wenn der Pegel auf der mit dem betreffenden Komparator gekoppelten Leitung einen vierten Schwellenwert übersteigt, der zwischen der Betriebsspannung und der Versorgungsspannung liegt, daß ein zweiter und ein dritter Speicher vorgesehen sind, von denen jeder einen ersten und einen zweiten Eingang und einen Ausgang aufweist, wobei der erste Eingang des zweiten Speichers mit dem ersten Komparatorausgang, der zweite Eingang des zweiten Speichers mit dem vierten Komparatorausgang, der erste Eingang mit dem fünften Komparatorausgang gekoppelt sind und daß der Ausgang des zweiten Speichers mit dem Umschalter gekoppelt ist, um den dritten Komparatorausgang mit dem Datenausgang zu koppeln, und der Ausgang des dritten Speichers mit dem Umschalter gekoppelt ist, um den zweiten Komparatorausgang mit dem Datenausgang zu koppeln. 20
5. System nach einem der Ansprüche 1, 2, 3 oder 4 mit einem Fehleranzeigerausgang, dadurch gekennzeichnet, daß ein erster und ein zweiter Zähler vorgesehen sind, von denen jeder einen Zählengang, einen Rücksetzeingang und einen Zählerausgang aufweist, wobei der Zählengang beider Zähler mit dem ersten Komparatorausgang, der Rücksetzeingang des ersten Zählers mit dem zweiten Komparatorausgang, der Rücksetzeingang des zweiten Zählers mit dem dritten Komparatorausgang und der Zählerausgang beider Zähler sowie der Ausgang der Speicherglieder mit dem Fehleranzeigerausgang gekoppelt sind. 25

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

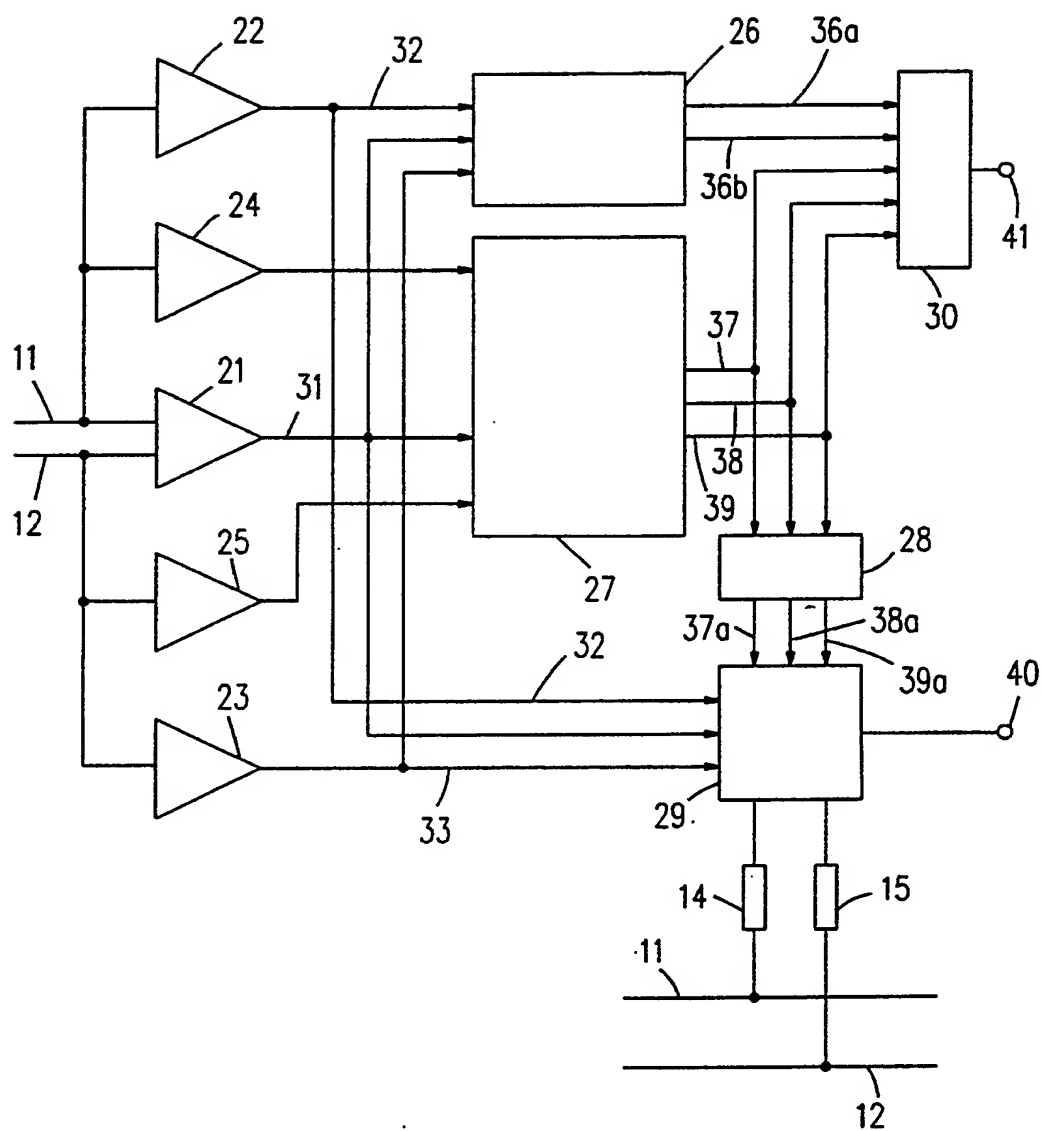


Fig.2

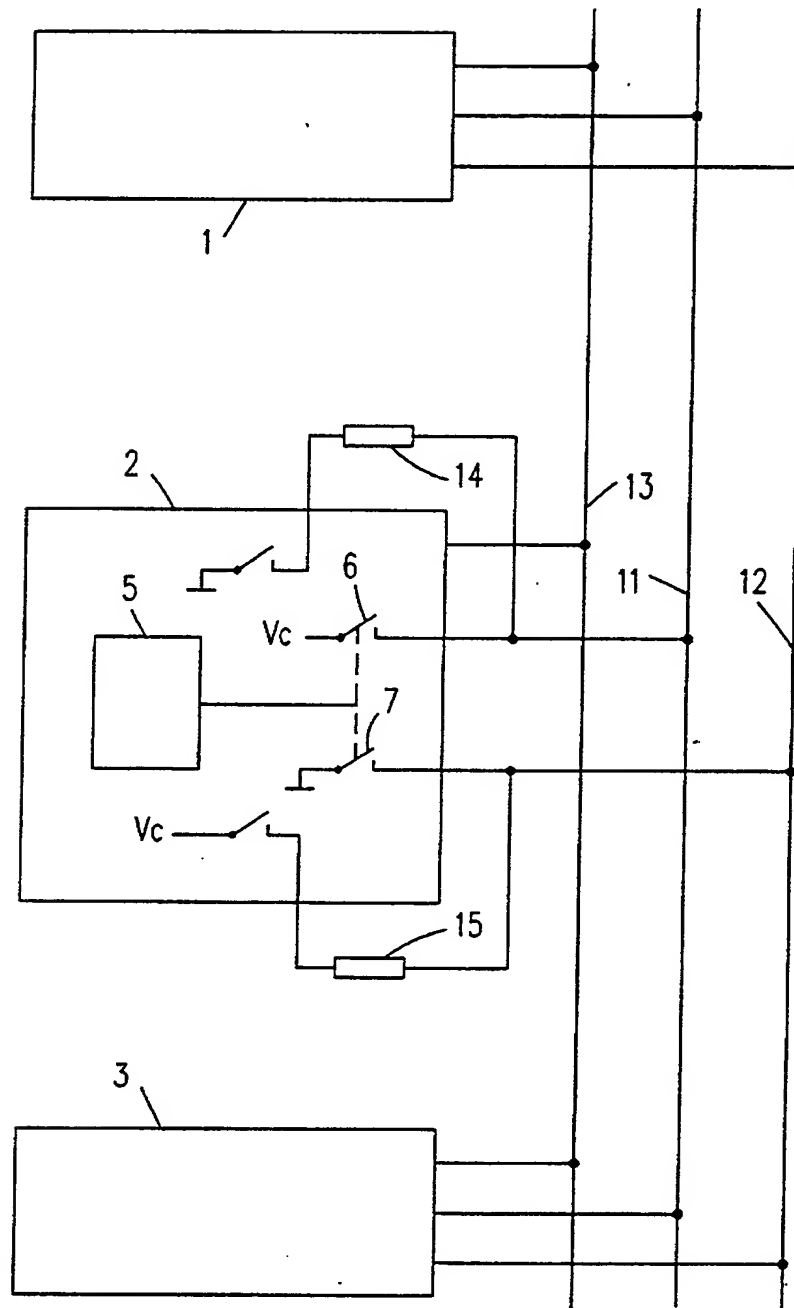


Fig.1

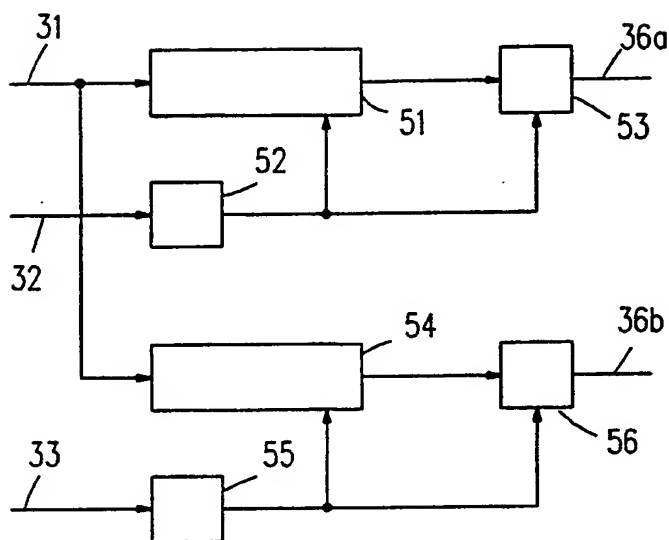


Fig.3

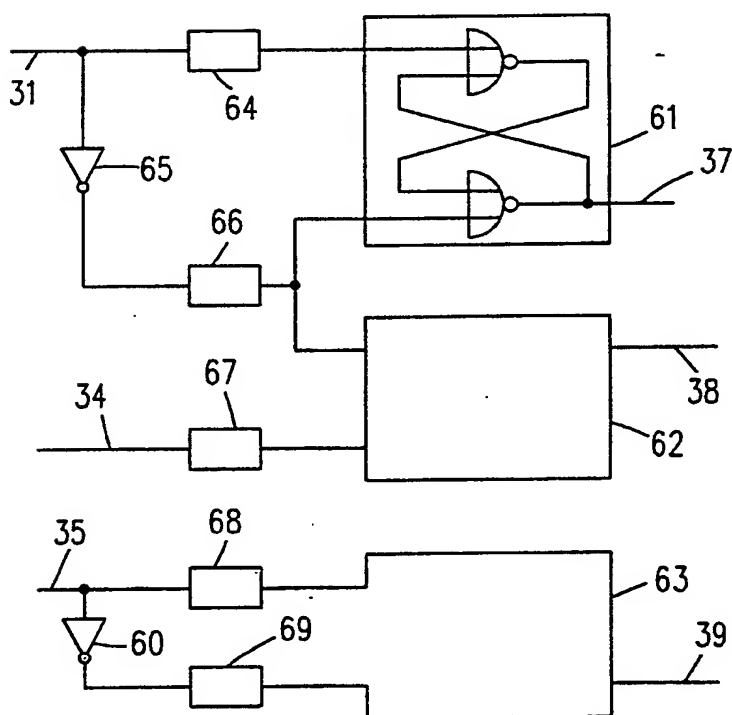


Fig.4

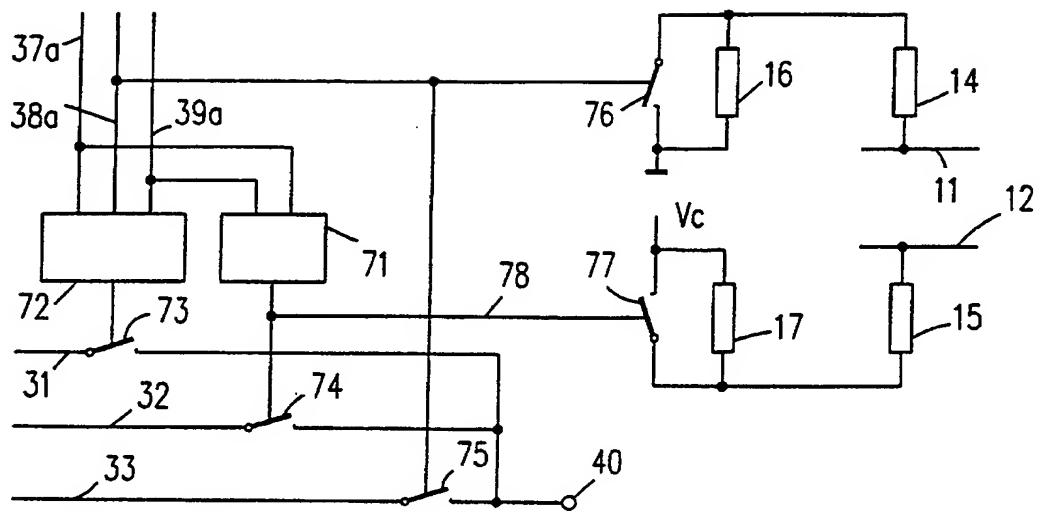


Fig. 5

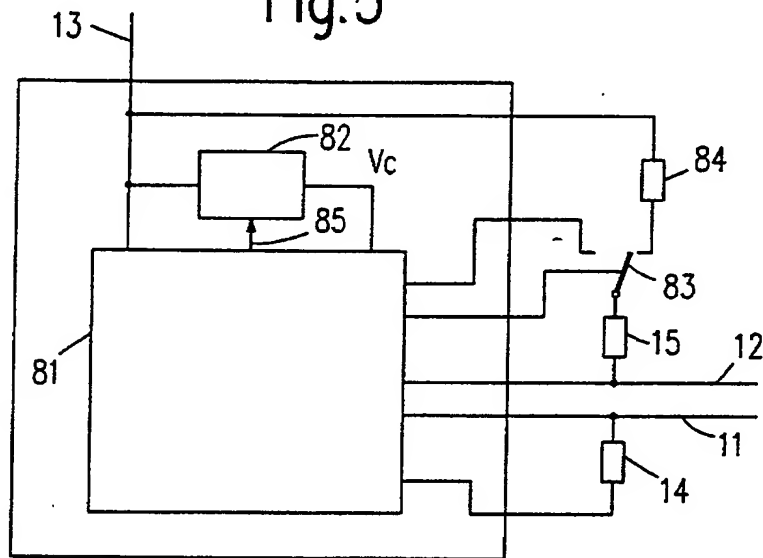


Fig. 6

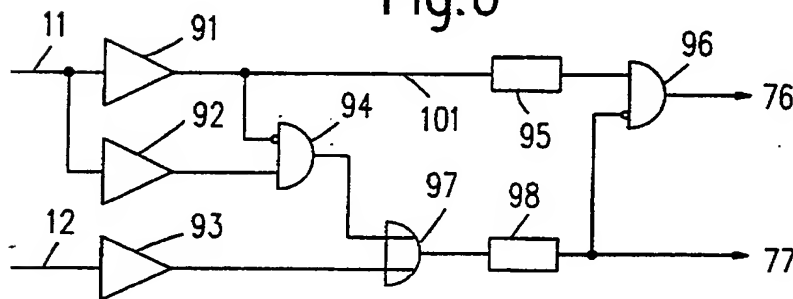


Fig. 7

Syst m for the transmission of data via a differential bus

Patent Number: US6034995
Publication date: 2000-03-07
Inventor(s): EISELE HARALD (DE); MORES ROBERT (DE)
Applicant(s): PHILIPS CORP (US)
Requested Patent: DE19523031
Application Number: US19970776919 19970210
Priority Number(s): DE19951020930 19950608; DE19951023031 19950624; WO1996IB00564 19960607
IPC Classification: H04B3/50
EC Classification: H04L25/08
Equivalents: EP0775406 (WO9642159), B1, JP10504437T, WO9642159

Abstract

PCT No. PCT/IB96/00564 Sec. 371 Date Feb. 10, 1997 Sec. 102(e) Date Feb. 10, 1997 PCT Filed Jun. 7, 1996 PCT Pub. No. WO96/42159 PCT Pub. Date Dec. 27, 1996 The transmission of data via a differential bus by means of balanced signals is not only reliable, but also offers the advantage that in the event of various single faults, i.e. faults concerning only one of the two lines or faults where the two lines of the differential bus are short-circuited, data transmission is still possible, be it with a reduced reliability. To this end, both lines are connected to a number of comparators which have different threshold values so that the nature of a fault occurring can be determined and, in dependence thereon, the comparator output can be determined wherefrom the recovered data signal must be derived.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

DOCKET NO: WUP-IIT-808

SERIAL NO: _____

APPLICANT: Eric Pihet

LERNER AND GREENBERG P.A.

P.O. BOX 2480

HOLLYWOOD, FLORIDA 33022

TEL. (954) 925-1100